

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-190019
 (43)Date of publication of application : 23.07.1996

(51)Int.CI. G02B 5/30
 G02B 5/32
 G11B 7/135

(21)Application number : 07-222345 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.08.1995 (72)Inventor : WADA HIDEHIKO
 NISHINO SEIJI
 YAMAMOTO HIROAKI
 SHIRAIWA HIROSHI
 OKADA SEIJIRO

(30)Priority

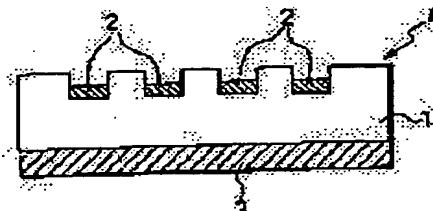
Priority number : 06234408 Priority date : 01.09.1994 Priority country : JP

(54) OPTICAL ELEMENT, ITS PRODUCTION AND OPTICAL HEAD USING THIS OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize such an optical element that is inexpensive and suitable for mass production and has both properties of a 1/4 wavelength plate and for separation of polarized light and to obtain a small-sized optical head by using this optical element.

CONSTITUTION: Periodical proton-exchanged layers 2 are formed on one surface of a lithium niobate crystal substrate 1. A vapor deposition film 3 is formed by oblique vapor deposition of tantalum pentoxide (Ta_2O_5) on the other surface of the substrate 1. Since the refractive index of the proton-exchanged layer 2 is different from that of the substrate 1, the proton-exchanged part shows properties for separation of polarized light. The film by oblique vapor deposition shows properties as a 1/4 wavelength plate. Thus, by forming the optical element (A), enough accuracy for flatness is obtd. and the element can be made thin.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-190019

(43)公開日 平成8年(1996)7月23日

(51)Int.Cl.
G 0 2 B 5/30
5/32
G 1 1 B 7/135

識別記号 庁内整理番号
A
Z

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全14頁)

(21)出願番号 特願平7-222345
(22)出願日 平成7年(1995)8月30日
(31)優先権主張番号 特願平6-234408
(32)優先日 平6(1994)9月1日
(33)優先権主張国 日本 (JP)

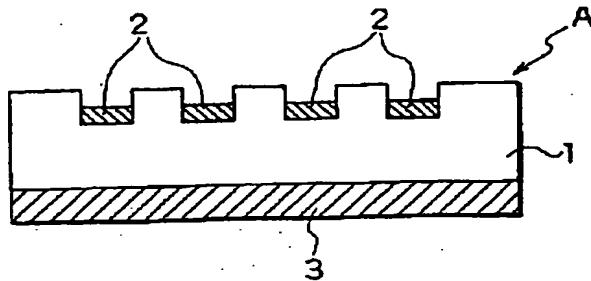
(71)出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(72)発明者 和田 秀彦
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 西野 清治
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 山本 博昭
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(74)代理人 弁理士 東島 隆治 (外1名)
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子とその製造方法及びこの光学素子を用いた光ヘッド

(57)【要約】

【課題】 低価格で大量生産に向け、 $1/4$ 波長板と偏光分離の性質を合わせ持つ光学素子を実現すること。またこの光学素子を用いることにより、小型化された光ヘッドを提供すること。

【解決手段】 ニオブ酸リチウム結晶基板1の片面に周期的なプロトン交換層2を形成する。そしてこの結晶基板の他方の面に五酸化タンタル (Ta_2O_5) を斜めに蒸着して斜め蒸着膜3を形成する。プロトン交換層と基板の屈折率が異なることにより、プロトン交換された部分が偏光分離の性質を示し、斜め蒸着された部分が $1/4$ 波長板の性質を示す。こうして光学素子を形成すると、平面精度を十分確保でき、素子の厚みも薄くなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子及び、前記ホログラム素子上に誘電体が斜めから蒸着された斜め蒸着膜を具備する光学素子。

【請求項2】 偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子と、

前記ホログラム素子上にあって入射光の反射を防止する第1の反射防止膜と、

前記ホログラム素子上にあって隣接層間の反射を防止する第2の反射防止膜と、

前記第2の反射防止膜上に誘電体が斜めから蒸着された斜め蒸着膜と、

前記斜め蒸着膜上にあって入射光の反射を防止する第3の反射防止膜とを具備する光学素子。

【請求項3】 前記ホログラム素子は $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板のX面又はY面の所定の部分をイオン交換して形成されることを特徴とする請求項1又は2記載の光学素子。

【請求項4】 前記第1の反射防止膜は二酸化ケイ素 (SiO_2) で構成され、

前記第2の反射防止膜は二酸化ケイ素 (SiO_2) と五酸化タンタル (Ta_2O_5) の混合体で構成され、

前記第3の反射防止膜はフッ化マグネシウム (MgF_2) で構成されたものであることを特徴とする請求項2記載の光学素子。

【請求項5】 前記斜め蒸着膜の材料が酸化物であり、かつ前記第2及び第3の反射防止膜に用いる材料が酸化物であることを特徴とする請求項2記載の光学素子。

【請求項6】 前記第1の反射防止膜は二酸化ケイ素 (SiO_2) で構成され、

前記第2の反射防止膜は前記 $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板のイオン交換されない面上に二酸化ケイ素 (SiO_2) で形成される第1の膜とその上に五酸化タンタル (Ta_2O_5) で形成される第2の膜の2層構造で構成され、

前記第3の反射防止膜は前記斜め蒸着膜上に五酸化タンタル (Ta_2O_5) で形成される第3の膜とその上に二酸化ケイ素 (SiO_2) で形成される第4の膜の2層構造で構成されたものであることを特徴とする請求項2記載の光学素子。

【請求項7】 イオン交換処理用のマスクパターンを $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の面上に形成する第1の工程と、

前記 $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の面の前記第1の工程で形成されたマスクパターンで特定された領域においてリチウムイオン (Li^+) を水素イオン (H^+) にイオン交換する第2の工程と、

前記第2の工程でイオン交換された領域を選択的にエッチングする第3の工程と、

前記 $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の他の面に、前記結晶基板面の法線に対して所定角度で誘電体の分子を斜めに蒸着し、斜め蒸着膜を形成する第4の工程と、を有する光学素子の製造方法。

【請求項8】 前記第4の工程における誘電体は、五酸化タンタル (Ta_2O_5) であることを特徴とする請求項7記載の光学素子の製造方法。

【請求項9】 $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の面上に前記結晶基板面の法線に対して所定角度で誘電体の分子を斜めに蒸着し、斜め蒸着膜を形成する第1の工程と、

前記 $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の面上にイオン交換用マスクパターンを形成する第2の工程と、

前記 $L_i Ta_xNb_{1-x}O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の他の面の前記第2の工程で形成されたマスクパターンで特定された領域においてリチウムイオン (Li^+) を水素イオン (H^+) にイオン交換する第3の工程と、

前記第3の工程でイオン交換された領域を選択的にエッチングする第4の工程と、を有する光学素子の製造方法。

【請求項10】 前記第1の工程における誘電体は、五酸化タンタル (Ta_2O_5) であることを特徴とする請求項9記載の光学素子の製造方法。

【請求項11】 コヒーレントな光を出力する光源と、前記光源の光を光記録媒体に集光すると共に、前記光記録媒体で反射された光を集光する集光光学系と、前記集光光学系と前記光源との間に設けられた光学素子と、

30 前記光学素子により回折された回折光を入射して、前記光記録媒体のフォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号及び前記光記録媒体に記録された情報信号を検出する光検出器と、を具備することを特徴とする光ヘッド。

【請求項12】 前記光学素子は、前記集光光学系に一体に設けられたことを特徴とする請求項11記載の光ヘッド。

【請求項13】 前記光検出器は、前記光学素子により回折された回折光の内、+1次光を入射して、前記光記録媒体のフォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号を検出する第1の光検出器と、-1次光を入射して、前記光記録媒体に記録された情報信号を検出する第2の光検出器と、を具備することを特徴とする請求項11記載の光ヘッド。

【請求項14】 前記光学素子は、偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子及び前記ホログラム素子上に誘電体が斜めから蒸着された斜め蒸着膜を具備する請求項11の光ヘッド。

【請求項15】 前記光学素子は、偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子と、

50 前記ホログラム素子上にあって入射光の反射を防止する

3

第1の反射防止膜と、前記プログラム素子上にあって隣接層間の反射を防止する第2の反射防止膜と、前記第2の反射防止膜上に誘電体が斜めから蒸着された斜め蒸着膜と、前記斜め蒸着膜上にあって入射光の反射を防止する第3の反射防止膜とを具備する請求項11の光ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光情報処理装置又は光通信装置等に用いられる光学素子に関するものであり、特に、レーザ光を偏光分離すると共に円偏光又は直線偏光に変換する光学素子及びその製造方法と、光学素子を用いた光ヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光記録媒体に情報を記録再生する光ヘッドの小型化及び低価格化が盛んに行われている。特に光ヘッドの小型化及び低価格化を実現する素子として、偏光分離素子を用いた光ヘッドが提案されている(例えば特開平3-29129号公報参照)。

【0003】図15は従来の光ヘッド(光ピックアップともいう)の構成図である。この光ヘッドは、光源151、偏光分離素子152、コリメータレンズ153、1/4波長板154、対物レンズ155、第1の光検出器157、第2の光検出器158を含んで構成される。

【0004】光源151は例えば半導体レーザ素子で構成され、光ディスク156の記録層に対し、記録再生用のコヒーレント光を出力する。偏光分離素子152は、例えば特開昭63-314502号公報に開示されているように、周期的なプロトン交換層が形成されたニオブ酸リチウムの基板と、プロトン交換層の上に形成された誘電体膜を有する光学素子である。なおプロトン交換層とは、ニオブ酸リチウム中のリチウムイオン(Li⁺)が水素イオン(H⁺:プロトン)で置換された層である。

【0005】偏光分離素子152では、プロトン交換層の常光及び異常光に対する屈折率がニオブ酸リチウム基板のそれぞれの常光及び異常光に対する屈折率と異なることを利用して偏光分離をする。即ち、常光線の透過率は100%であり、異常光線に対しては回折格子の作用により透過率を0%とすることができる。それにより偏光分離の性質を持つ素子が形成できる。

【0006】コリメータレンズ153は光源151から出射されたレーザ光を平行光にする。1/4波長板154は例えば水晶で構成された非線形光学素子である。すなわち、光源151から出力される直線偏光のレーザ光は1/4波長板154によって円偏光に変換される。また、1/4波長板154によって光ディスク156の記録層で反射されたレーザ光は光源151の出射光の偏光*

$$\Delta n \cdot d = \lambda / 4$$

ここに、(1)式の左辺 $\Delta n \cdot d$ は常光と異常光の光路差を示す。これより、水晶の厚みdは次の(2)式のよ

4

*方向とは異なる方向の直線偏光に変換される。

【0007】光検出器157は光ディスク156で反射されたレーザ光のうち、偏光分離素子152で回折された+1次光を受光する。また光検出器158は光ディスク156で反射されたレーザ光のうち、偏光分離素子152で回折された-1次光を受光する。

【0008】このように構成された光ヘッドの動作について説明する。光源151から出射された直線偏光のレーザ光は偏光分離素子152を100%の透過率で透過する。そしてこの光はコリメータレンズ153で平行光にされ、1/4波長板154で円偏光の光に変換され、対物レンズ155により光ディスク156上に集光される。

【0009】光ディスク156から反射された円偏光の光は、対物レンズ155を透過した後、1/4波長板154により光源151から出射された光の偏光方向と直交する方向の直線偏光の光に変換される。この直線偏光の光はコリメータレンズ153を透過した後、偏光分離素子152により回折される。回折の+1次光は光検出器157に入射され、回折の-1次光は光検出器158に入射される。

【0010】光検出器157は、光ディスク156上における光の合焦状態を示すフォーカス誤差信号及び光の照射位置を示すトラッキング誤差信号を出力する。フォーカス誤差信号は図示しないフォーカス制御装置に与えられる。フォーカス制御装置はフォーカス誤差信号に基づき、常に光が合焦状態で光ディスク156上に集光されるよう対物レンズ155の位置をその光軸方向に制御する。

【0011】またトラッキング誤差信号は図示していないトラッキング制御装置に与えられる。トラッキング制御装置はトラッキング誤差信号に基づき、光を光ディスク156上の所望のトラックに集光されるよう対物レンズ155の位置を制御する。さらに光検出器158は光ディスク156に記録された情報を再生する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような構成の光ヘッドでは、偏光分離素子152の機能を得るために光の往路と復路のそれぞれの光の偏光方向を互いに直交させるための1/4波長板154が必須である。

【0013】1/4波長板154において、1/4波長板154を構成する水晶の常光に対する屈折率と異常光に対する屈折率との差 Δn (以後屈折率差 Δn と称す)を複屈折の特性を表す値とし、水晶の厚みをd、入射する光の波長を λ とすると、1/4波長板としての性質を持つためには次の(1)式が成立しなければならない。

$$\dots (1)$$

50

ここに、(1)式の左辺 $\Delta n \cdot d$ は常光と異常光の光路

うになる。

$$d = \lambda / (4 \cdot \Delta n)$$

【0014】(2) 式に水晶の複屈折の屈折率差 $\Delta n = 0.009$ 、光の波長 $\lambda = 780\text{ nm}$ を代入すると、 $1/4$ 波長板となる水晶の厚み d は $21.7\mu\text{m}$ となる。この厚みを有する $1/4$ 波長板の製造は实际上困難である。このため機械的強度を保ち平面精度の良い水晶の $1/4$ 波長板の厚みは、光路差を $\Delta n \cdot d = (2N+1)\lambda/4$ とすると(N は自然数)、 0.5 mm 程度となる。この場合、 $1/4$ 波長板 154 そのものが 0.5 m と厚いので、 $1/4$ 波長板 154 のこの厚さが光ヘッドの更なる小型化に支障となる。

【0015】また、水晶で作られた $1/4$ 波長板 154 の厚みは上記したように 0.5 mm と厚いので、 $1/4$ 波長板の入射する光ビームの入射角度に対する作用が非常に敏感となる。そこで、この $1/4$ 波長板を光ヘッドに組み込む際、 $1/4$ 波長板の設定に高い精度が要求される。そのため、光ヘッドの大量生産及び低価格化が難しいという問題があった。

【0016】光ヘッドの更なる小型化を行うためには、偏光分離素子 152 と $1/4$ 波長板 154 をはり合わせて一体化することが必要となる。これらの素子を貼り合わせる際、偏光分離素子 152 と $1/4$ 波長板 154 の貼り合わされる両面の平行度を保ちながら精度良く貼り合わせる必要がある。しかし平行度を保つのは容易ではない。平行度が保たれなければ、貼り合わされた素子の透過光の波面に収差が生じるという問題点があった。

【0017】さらに実用上入手できる水晶製の $1/4$ 波長板 154 の面積には限界があり、その面積は1個の $1/4$ 波長板程度である。このため、 $1/4$ 波長板 154 と偏光分離素子 152 を一体にするに先だって、 $1/4$ 波長板と偏光分離素子 152 を光ヘッドに組み込む際の大きさに製作した後、貼り合わせねばならない。このような素子の貼り合わせ作業は煩雑で大量生産に向かず、また製造価格も高くなる。従って光ヘッドの大量生産及び低価格化という点で問題が生じる。

【0018】本発明はこのような従来の問題点を解決することを目的とする。第1の目的は、偏光分離の性質と $1/4$ 波長板の性質を合わせ持ち、大量生産に向き低価格で非常に薄く、且つ透過光の波面に収差を生じさせない平面精度の良い光学素子を実現することである。また第2の目的は、この光学素子を用いることにより、小型で低価格の光ヘッドを提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子上に誘電体が斜めから蒸着された斜め蒸着膜を具備する。

【0020】請求項2の発明は、偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子上に、入射光の反射を防止する第1の反射防止膜と、ホログラム素子上にあって隣

... (2)

接層間の反射を防止する第2の反射防止膜と、第2の反射防止膜上に誘電体が斜めから蒸着された斜め蒸着膜と、斜め蒸着膜上にあって、入射光の反射を防止する第3の反射防止膜を具備する。

【0021】請求項7の発明は、イオン交換用マスクパターンを $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$)結晶基板の面上に形成する第1の工程と、 $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ (10 $0 \leq x \leq 1$)結晶基板の面の第1の工程のマスクパターンで特定された領域において、リチウムイオン(Li^+)を水素イオン(H^+)にイオン交換する第2の工程と、第2の工程でイオン交換された領域を選択的にエッチングする第3の工程と、 $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$)結晶基板の他の面に、結晶基板面の法線に対して誘電体分子を斜めに蒸着し、斜め蒸着膜を形成する第4の工程と、を有するものである。

【0022】請求項9の発明は、 $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$)結晶基板の面上に結晶基板面の法線に対して誘電体分子を斜めに蒸着し、斜め蒸着膜を形成する第1の工程と、 $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$)結晶基板の他の面上にイオン交換用マスクパターンを形成する第2の工程と、 $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$)結晶基板の他の面の第2の工程のマスクパターンで特定された部分に、リチウムイオン(Li^+)を水素イオン(H^+)にイオン交換する第3の工程と、第3の工程でイオン交換された領域を選択的にエッチングする第4の工程と、を有するものである。

【0023】請求項11の発明は、コヒーレントな光を出力する光源と、光源の光を光記録媒体に集光すると共に、光記録媒体で反射された光を集光する集光光学系と、集光光学系と光源との間に設けられた光学素子と、光学素子により回折された回折光を入射して、光記録媒体のフォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号及び光記録媒体に記録された情報信号を検出する光検出器と、を具備する。

【0024】誘電体材料を透光性の基板に対して斜めに蒸着すると、常光及び異常光に対する屈折率が異なる複屈折膜となる。請求項1及び2の光学素子では、偏光分離素子の性質と $1/4$ 波長板の性質を合わせ持つよう、偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子上に斜め蒸着膜を設けている。こうすると、従来の $1/4$ 波長板と偏光分離素子の接合による複合素子に比べて、非常に薄く、平面精度の良い光学素子を形成できる。またこの光学素子に入る光の入射角の影響も少くなり、光に収差を与えることなく、+1次回折光と-1次回折光に分離することができる。

【0025】請求項7及び9の光学素子の製造方法では、 $\text{LiTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$)結晶基板の一方の表面に、イオン交換用マスクパターンを用いてイオ

7

ン交換層を熱拡散により形成する。こうするとこれらのイオン交換層の常光及び異常光の屈折率と $L_i Ta_x N_{b_{1-x}} O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) の結晶基板の常光及び異常光の屈折率が異なることにより、光学素子は偏光分離素子として機能する。

【0026】また $L_i Ta_x N_{b_{1-x}} O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶基板の他方の面上の誘電体の斜め蒸着膜が、柱状構造を持つ誘電体物質の配列の関係から $1/4$ 波長板として機能する。このような構造の光学素子は比較的大きな面積を有する結晶基板上で薄膜形成プロセスを用いて形成できる。従って一回の薄膜形成のプロセスで多くの光学素子が製造できる。

【0027】請求項11の光ヘッドでは、光源から射出された光は集光光学系と光学素子とを経由して光記録媒体に達する。この場合光学素子の厚さが薄いので、光学素子及び集光光学系を含む光ヘッドの光軸方向の寸法が小さくなる。

【0028】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態) 図1は、本発明の第1実施形態による第1の光学素子Aの構成を示す断面図である。図1において、光学素子Aは、ニオブ酸リチウム基板1、プロトン交換層2、斜め蒸着膜3の多層構造になっている。ニオブ酸リチウム基板1は、 $L_i Ta_x N_{b_{1-x}} O_3$ ($0 \leq x \leq 1$) の化学式を有する結晶のX面で形成された基板であり、非線形光学材料として用いられる強誘電体である。プロトン交換層2は、ニオブ酸リチウム基板1の表面に周期的に、リチウム原子(L_i)の一部が水素イオン(H^+)によって置換(プロトン交換)されて形成された帯状の拡散層である。

【0029】このように構成された素子は一般にホログラム素子と呼ばれている。また斜め蒸着膜3は、五酸化タンタル($Ta_2 O_5$)がニオブ酸リチウム基板1の法線に対して70度の角度から蒸着された蒸着膜である。

【0030】上記の光学素子Aの製造方法については後で述べる。ニオブ酸リチウム基板1に周期的に形成されているプロトン交換層2の表面はニオブ酸リチウム基板1の表面に比べて深くなっている。この構造を有する素子は、偏光分離素子としての性質を持つ。

【0031】本実施形態では図7に示すように基板の法線に対して70度の方向より五酸化タンタルを蒸着する。その結果その分子配列に基づいて常光に対する屈折率と異常光に対する屈折率の差である屈折率差 Δn が0.07となる。また $1/4$ 波長板として作用させるために膜の厚さは $2.6 \mu m$ になっている。

$$x_1 = \Delta n \cdot d_1 / \cos \theta_1$$

この素子が $1/4$ 波長板としての性質を持つので、 $\Delta n \cdot d_1 = (2N+1) \lambda / 4$ (N は自然数) となり、※

$$x_1 = (2N+1) \lambda / 4 \cos \theta_1$$

よって、任意の入射角 θ_1 のときの光路差 x_1 の、入射角 θ_1 が零($\theta_1=0$)のときの光路差からのずれ Δx_1 は次の

8

* 【0032】五酸化タンタル膜をガラス基板上に斜めに蒸着して、 $1/4$ 波長板として作用する複屈折膜を形成する方法が特開昭63-312970に開示されている。この先行技術は、液晶表示板に複屈折膜を設けることを目的としている。

【0033】図2は本実施形態の光学素子Aの透過波面の収差を示す写真である。また図3は、従来例で用いられている水晶製の $1/4$ 波長板と偏光分離素子を貼り合わせた光学素子の透過波面の収差を示す写真である。具体的には図2は、平面波の光を光学素子Aに入射し、その透過光と平面波である参照光とを干渉させて得た干渉縞を表しており、図中の方形の枠内の干渉縞によって収差を測定した。

【0034】図3は水晶製の $1/4$ 波長板と偏光分離素子を貼り合わせた光学素子を透過させた平面波の光と平面波の参照光とを干渉させて得た干渉縞を表している。図2の場合と同様に、図3中の方形の枠内の干渉縞によって収差を測定した。一般に、平面波と平面波の干渉では直線の干渉縞が形成される。従って光が透過した光学素子に歪みが無ければ直線の干渉縞が得られる。ところが図3の従来例の場合は干渉縞が歪んでいる。この干渉縞の歪みから求めた透過波面の収差は $3.8 m\lambda$ ($m\lambda = \lambda / 1000$) である。これに対して、本実施形態の光学素子Aでは、図2のように干渉縞がほぼ直線であり、透過波面の収差は $8 m\lambda$ と非常に小さい。

【0035】本実施形態では、 $1/4$ 波長板となる五酸化タンタル膜を蒸着により形成するので、平面精度の良い膜を均一に形成することができる。これに対して従来例で述べたように水晶製の $1/4$ 波長板を偏光分離素子に貼り合わせる場合、平面精度を確保することはかなり困難である。また、水晶製の $1/4$ 波長板の厚みは、機械的強度を保つためには、その厚みがほぼ $0.5 mm$ 程度である必要がある。これに対して蒸着では、厚みを精度良くコントロールすることができるので、 $1/4$ 波長板の性質を出すための最小の厚さである $2.6 \mu m$ の膜厚を蒸着膜により形成することは非常に容易である。従って光学素子Aそのものが非常に薄くなるという長所が生じる。

【0036】次に、本実施形態の光学素子Aと、従来の水晶製の $1/4$ 波長板との光の入射角依存性を比較してみる。従来の $1/4$ 波長板154では、図4に示すように、複屈折における両屈折率の差である屈折率差 Δn 、厚みを d_1 、入射する光の波長を λ 、入射する光の入射角を θ_1 とすると、常光と異常光のこの素子を透過するときの光路差 x_1 は次の(3)式のようになる。

$$\dots (3)$$

※つぎの(4)式が得られる。

$$\dots (4)$$

-5-

(5) 式のようになる。

$$\Delta x_1 = (2N+1) \lambda (1/\cos\theta_1 - 1) / 4 \quad \dots \quad (5)$$

【0037】本発明の光学素子Aでは、光学素子Aの斜め蒸着膜3の複屈折の屈折率差を Δn_2 、厚みを d_2 、入射する光の波長を λ 、入射する光の入射角を θ_2 とす*

$$x_2 = \Delta n_2 \cdot d_2 / \cos \theta_2 \quad \dots \quad (6)$$

ここで、斜め蒸着膜3が $1/4$ 波長板としての性質を持つので、 $\Delta n_2 \cdot d_2 = \lambda / 4$ となり、次の(7)式が※

$$x_2 = \lambda / 4 \cos \theta_2 \quad \dots \quad (7)$$

よって、 $\theta_2 = 0$ の場合に対する光路差のずれ Δx_2

$$\Delta x_2 = \lambda (1/\cos\theta_2 - 1) / 4 \quad \dots \quad (8)$$

【0038】従来の水晶製の $1/4$ 波長板の厚みは0.5mm程度である。今その値を0.499mmとすると★

$$\Delta x_1 = 23 \lambda (1/\cos\theta_1 - 1) / 4 \quad \dots \quad (9)$$

Δx_1 と Δx_2 が等しくなるときには、入射角 θ_1 と θ_2 は、(8)式と(9)式より次の(10)式の関係と☆

$$23 (1/\cos\theta_1 - 1) = (1/\cos\theta_2 - 1) \quad \dots \quad (10)$$

(10)式から、入射角 θ_1 が1度ずれたときの光路差のずれ Δx_1 と Δx_2 が等しくなるための入射角 θ_2 は、4.8度となる。従って本実施形態の光学素子Aは従来の $1/4$ 波長板により入射角依存性が小さい。

【0039】式(6)においては、斜め蒸着膜3の複屈折の屈折率差 Δn_2 は入射角によらず一定と仮定されているが、実際は入射角に依存している。しかし、入射角が数度以下の非常に小さいときはこの依存性は小さいものと考えられる。また、特開昭63-132203号公報に開示されているように、斜め蒸着膜を2層構造にすれば、この複屈折の入射角依存性もさらに小さくなり、光の入射角による $1/4$ 波長板としての性質の悪化を防ぐことができる。

【0040】以上のように第1実施形態によれば、偏光分離素子に五酸化タンタル等の誘電体材料を斜めに蒸着することにより、平面精度の良い光学素子を形成することができる。上記のプロセスにより作られた光学素子Aは、従来の偏光分離素子と水晶製の $1/4$ 波長板とを貼り合わせた素子に比べて非常に薄い。また、光の入射角依存性の小さい光学素子が形成できる。

【0041】なお、第1実施形態ではニオブ酸リチウム基板1の表面に対して、プロトン交換層2の表面が凹であるものについて述べたが、プロトン交換層2の表面をニオブ酸リチウム基板1の表面と同じレベルとし、位相補償膜として働く誘電体膜50を図5に示すようにプロトン交換層2の上に堆積したものであっても、同等の効果が得られる(特開昭63-314502号公報参照)。また、特開昭61-86731号公報や特開昭63-26604号公報に示された構造の素子に、本発明における誘電体の斜め蒸着を行うこともできる。

【0042】(第2実施形態)第1の光学素子Aの第1の製造方法を図6を用いて説明する。まず図6の(a)に示すように、X面のニオブ酸リチウム基板1の表面に

*ると、常光と異常光のこの素子を透過するときの光路差 x_2 は次の(6)式のようになる。

※成立する。

$$x_2 = \lambda / 4 \cos \theta_2 \quad \dots \quad (7)$$

10 は、次の(8)式のようになる。

$$\Delta x_2 = \lambda (1/\cos\theta_2 - 1) / 4 \quad \dots \quad (8)$$

★N=11となり、(5)式は次の(9)式のようになる。

$$\Delta x_1 = 23 \lambda (1/\cos\theta_1 - 1) / 4 \quad \dots \quad (9)$$

△x1と△x2が等しくなるときには、入射角θ1とθ2は、(8)式と(9)式より次の(10)式の関係と☆

タングタル(Ta)膜60を蒸着する。次に図6の(b)に示すように、タングタル膜60の表面にフォトリソグラフィにより、レジスト膜61の所定の線状のパターンを形成する。そして図6の(c)に示すように、このレジスト膜61をマスクとして、エッチングによりタングタル膜60のパターンを形成する。

【0043】図6の(c)に示すタングタル膜60のマスクを有するニオブ酸リチウム基板1を230℃のピロ磷酸溶液を用いて約110分間熱処理を行う。この熱処理中、ニオブ酸リチウム基板1のタングタル膜60を有しない面は保護膜等によってピロ磷酸液から保護されている。その結果、図6の(d)に示すように、水素イオン(H⁺)が熱拡散してプロトン交換層2が形成される。

つぎに図6の(e)に示すように、フッ酸を含むエッチング液中でタングタル膜60が除去されると共にプロトン交換層2が選択的にエッチングされる。最後に図6の(f)に示すように、プロトン交換層2の存在しない面に五酸化タンタルを、図7に示すようにニオブ酸リチウム基板1の法線に対してθ=70度の角度で斜めに蒸着し、斜め蒸着膜3を形成する。

【0044】斜め蒸着膜3を形成する際、密着度を良くするために図6の(e)の工程でできた素子を高温で加熱しながら蒸着するのが望ましい。この場合、プロトン交換層2のプロトン交換深さや、プロトン交換層2の表面のニオブ酸リチウム基板1の表面からの深さが最適条件からはずれる可能性がある。そこで、プロトン交換層2のプロトン交換深さ及びニオブ酸リチウム基板1の表面からプロトン交換層2の表面までの深さの最適条件からのずれを予め見積もる。その見積量を用いて図6の(d)に示すプロトン交換の工程や、図6の(e)に示すエッチングの工程を行い、所望の性質の光学素子Aを製造することができる。

50 【0045】図6の(f)の工程で形成される斜め蒸着

11

膜3は酸素が一部分離してタンタルが析出し透明でない膜になる場合がある。この場合、斜め蒸着膜3を酸化する必要がある。酸化方法としてはどのような方法を用いてよい。熱を加えて酸化する方法を用いるときは、上記したようにプロトン交換層2のプロトン交換深さや、プロトン交換層2の表面のニオブ酸リチウム基板1の表面からの深さの最適条件がずれる可能性があるので注意が必要である。

【0046】従来の水晶製の1/4波長板と偏光分離素子とを貼り合わせる場合では、1/4波長板の製造可能な面積に限界があるので、夫々を光ヘッドに組み込むときの大きさに加工した後、貼り合わせる工程をとっていた。しかしこの方法は大量生産に向かず、価格のかかる製造方法であった。

【0047】これに対し本実施形態の製造方法では、斜め蒸着膜3の面積には限界がない。すなわち、光学素子Aを大面積のウェハー状のニオブ酸リチウム基板に多数を形成し、それをスクライプして分割することにより多数の光学素子Aを同時に製造できる。このことは従来の各光学素子ごとに複数の素子を貼り合わせて製造していたものに比べて、低価格で大量生産に向いたものとなる。なお、第2実施形態ではプロトン交換層2のエッチングは、フッ酸を含むエッティング液を用いたウェットエッティングで行っているが、フッ素ラジカルドライエッティングで行っても何ら問題はない。

【0048】(第3実施形態) 次に、第1の光学素子Aの第2の製造方法について図8を用いて説明する。まず図8の(a)において、X面のニオブ酸リチウム基板1の下面に斜めから五酸化タンタルを蒸着し、斜め蒸着膜3を形成する。次に図8の(b)に示すように斜め蒸着膜3のない上面にタンタルを蒸着しタンタル膜60を形成する。

【0049】次に図8の(c)に示すように、タンタル膜60の表面にフォトリソグラフィによりレジスト膜61のパターンを形成する。そして図8の(d)に示すように、このレジスト膜61をマスクとしてエッティングによりタンタル膜60のパターンを形成する。そしてパターンを形成したタンタル膜60のマスクを有するニオブ酸リチウム基板1は、230℃のビロ燐酸を用いて約110分間熱処理され、図8の(e)のようなプロトン交換層2が形成される。この熱処理中、ニオブ酸リチウム基板1のタンタル膜60を有しない面は保護膜等によってビロ燐酸液から保護されている。最後に図8の(f)及び(g)に示すように、図8の(e)の素子をフッ素*

$$n_1 = (n_{LN} \times n_{AIR})^{1/2}$$

この(11)式に $n_{LN}=2.25$ 、 $n_{AIR}=1$ を代入すると、反射防止膜の屈折率 n_1 は1.5となる。ここで、二酸化ケイ素膜90の屈折率は1.45であるので、二酸化ケイ素膜90はニオブ酸リチウム基板1の表面での反射を防止する条件を満足している。この二酸化

12

*ラジカルを用いたドライエッティングでエッティングする。

【0050】このような製造方法では、ニオブ酸リチウム基板1に第1のプロセスで斜め蒸着膜3が形成されるので、プロトン交換層2のプロトン交換深さや、プロトン交換層2の表面のニオブ酸リチウム基板1表面からの深さの最適条件がずれることはない。ただし、プロトン交換層2をエッティングする場合、フッ酸を含むエッティング液でエッティングすると、斜め蒸着膜3がこのエッティング液に溶解してしまう。そこで、この製造方法のように先に斜め蒸着膜3を形成する場合は、プロトン交換層2のエッティングの際、上記したようにドライエッティングを用いるか、あるいは斜め蒸着膜3を溶解しないエッティング液を用いなければならない。

【0051】この第2の製造方法は第1の製造方法と同じく、ウェハー状のニオブ酸リチウム基板で行える。従って、大量生産に向いた製造方法といえる。なお、上記第1及び第2製造方法では、プロトン交換の方法としてタンタル膜をマスクとしてビロ燐酸で熱処理しているが、金属膜をマスクとして酸で熱処理する方法ならばこの限りではない。例えば従来用いられているアルミニウム膜をマスクとして安息香酸中で熱処理を行ってもよい。この熱処理中、ニオブ酸リチウム基板1のタンタル膜60を有しない面は保護膜等によって酸から保護されている。

【0052】上記第1及び第2の製造方法による光学素子においては、ニオブ酸リチウム基板1の表面に対してプロトン交換層2の表面が凹んでいるが、図5に示すようなものでもよい。即ちプロトン交換層2の上に誘電体膜50を堆積する場合、偏光分離の性質を持つ部分を作る工程の前、もしくは後に斜め蒸着膜3を形成すればよい。効果については上記したものと同じく、低価格で大量生産に向く製造方法といえる。

【0053】(第4実施形態) 図9は本発明の第2の光学素子Bの構成を示す断面図である。図9において、光学素子Bはニオブ酸リチウム基板1、プロトン交換層2、斜め蒸着膜3、二酸化ケイ素(SiO₂)膜90、混合膜91及びフッ化マグネシウム(MgF₂)膜92を有している。

【0054】二酸化ケイ素膜90はニオブ酸リチウム基板1の表面での入射光の反射防止膜である。今、ニオブ酸リチウムの屈折率(約2.25)を n_{LN} 、空気の屈折率(約1)を n_{AIR} とすると、反射防止膜の屈折率 n_1 は次の(11)式で表される。

$$\dots (11)$$

ケイ素膜90の厚さを $(2N+1)\lambda/4$ (λ は入射する光の波長、Nは自然数)とすると、二酸化ケイ素膜90は反射防止膜となる。

【0055】次に、混合膜91について述べる。混合膜91は二酸化ケイ素と五酸化タンタルからなる膜であ

50

13

る。この混合膜91はニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との界面での入射光の反射を防止する。今、ニオブ酸リチウムの屈折率をnLN、五酸化タンタルの斜め蒸着膜の屈折率をndとするとき、反射防止膜の屈折率n2は次の(12)式で表される。

$$n_2 = (n_{LN} \times n_d)^{1/2}$$

【0056】この(12)式にnLN=2.25、nd=1.6を代入すると、反射防止膜の屈折率n2は1.9となる。ここで、二酸化ケイ素の屈折率は1.45、五酸化タンタルを基板に対して垂直に蒸着した膜の屈折率は2.0であるので、二酸化ケイ素と五酸化タンタルからなる混合膜91は混合比を適当に変えれば屈折率を1.9にすることができる。従って、両者の混合比を適当に選ぶことにより、ニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との界面での反射を防止する条件を満足することができる。

$$n_3 = (n_d \times n_{AIR})^{1/2}$$

この(13)式にnd=1.6、nAIR=1を代入すると、反射防止膜の屈折率n3は1.26となる。しかし、このように低屈折率で丈夫な薄膜層を蒸着できる理想的な物質はほとんど存在しない。フッ化マグネシウムは屈折率が1.38であり、1.26に近い。従って使用可能であり、フッ化マグネシウム膜92は斜め蒸着膜3の表面での反射を防止する条件を満足する。このフッ化マグネシウム膜92の厚さを $(2N+1)\lambda/4$ (λは入射する光の波長、Nは自然数)とすると、フッ化マグネシウム膜92は反射防止膜の役目をすることとなる。

【0058】以上のように二酸化ケイ素膜90をニオブ酸リチウム基板1上に設け、二酸化ケイ素と五酸化タンタルからなる混合膜91をニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との間に設け、かつフッ化マグネシウム膜92を斜め蒸着膜3上に設けることにより、光学素子Bでの反射を完全に防止することができる。

【0059】反射防止膜の材料として二酸化ケイ素、二酸化ケイ素と五酸化タンタルの混合体、フッ化マグネシウムを用いたが、所望の屈折率を有する材料であれば他の材料でも問題はない。

(第5実施形態) 図10は第3の光学素子Cの構成を示す断面図である。図10において、光学素子Cは光学素子Aのニオブ酸リチウム基板1、プロトン交換層2、斜め蒸着膜3に加えて、二酸化ケイ素膜90、100、103、五酸化タンタル膜101、102を有している。

【0060】まず、二酸化ケイ素膜90について述べる。二酸化ケイ素膜90は上記第4実施形態で述べたようにニオブ酸リチウム基板1の表面での入射光の反射を防止する膜である。ニオブ酸リチウムの屈折率及び空気★

$$\{(m_{11}+m_{12} \times n_s) n_3 - (m_{21}+m_{22} \times n_s)\} / \{(m_{11}+m_{12} \times n_s) n_3 + (m_{21}+m_{22} \times n_s)\}$$

$$\dots (14)$$

$$\beta_1 = (2\pi/\lambda) n_1 \times d_1$$

$$\beta_2 = (2\pi/\lambda) n_2 \times d_2$$

iは虚数

【0063】反射率は複素反射係数の絶対値の2乗で得られるので、複素反射係数の実数部及び虚数部がともに

ここで、

$$m_{11} = \cos \beta_1 \times \cos \beta_2 - (n_1/n_2) \times \sin \beta_1 \times \sin \beta_2$$

$$m_{12} = -i(n_1 \times \sin \beta_1 \times \cos \beta_2 + 1/n_2 \times \cos \beta_1 \times \sin \beta_2)$$

$$m_{21} = -i(n_1 \times \sin \beta_1 \times \cos \beta_2 + n_2 \times \cos \beta_1 \times \sin \beta_2)$$

$$m_{22} = \cos \beta_1 \times \cos \beta_2 - (n_2/n_1) \times \sin \beta_1 \times \sin \beta_2$$

14

*着膜3の屈折率(約1.6)をndとすると、反射防止膜の屈折率n2は次の(12)式で表される。

$$\dots (12)$$

※きる。すなわち、混合膜91の厚さを $(2N+1)\lambda/4$ (λは入射する光の波長、Nは自然数)とすると、混合膜91は反射防止膜となる。

【0057】次に、フッ化マグネシウム膜92について述べる。このフッ化マグネシウム膜92は斜め蒸着膜3の表面での入射光の反射を防止するためのものである。今、斜め蒸着膜3の屈折率をnd、空気の屈折率をnAIRとすると、反射防止膜の屈折率n3は次の(13)式のようになる。

$$\dots (13)$$

★の屈折率は安定で変化することはなく、また二酸化ケイ素の屈折率は反射防止に必要な屈折率に非常に近いので、二酸化ケイ素の単層膜は反射防止膜として働く。

【0061】次に、ニオブ酸リチウム基板1と五酸化タンタルの斜め蒸着膜3の間に二酸化ケイ素膜100と五酸化タンタル膜101で構成される2層膜について述べる。この2層構造の膜はニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との界面での入射光の反射を防止する。上記第4実施形態で述べた屈折率1.9の、二酸化ケイ素と五酸化タンタルからなる混合膜はその形成プロセスにおいて屈折率を安定に保つのが難しい。従って、屈折率が1.9からずれる可能性がある。その結果、ニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との界面での入射光の反射が増加してしまい、光の利用効率が減少してしまう。それに対して、第5実施形態のように安定な屈折率を持つ2層の膜を形成することにより反射防止膜を形成できれば、無反射条件がずれることはほとんどない。従ってニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との界面での反射率を常に0%にできる。

【0062】ここで、基板10上に2層の膜を形成したときの反射率について説明する。図11に示すように、基板10の屈折率をnsとする。基板10上の第1膜1の屈折率及び厚みをそれぞれ、n1、d1とする。その上の第2膜12の屈折率と厚さをn2、d2とする。その上の基板13の屈折率をn3とする。また、入射する光Lの波長をλとし光Lは第2膜12と基板13の界面に垂直に入射するものとする。このような場合、2層膜の特性行列を解いて複素反射係数を求めるときの(14)式のようになる。

$$\{(m_{11}+m_{12} \times n_s) n_3 - (m_{21}+m_{22} \times n_s)\} / \{(m_{11}+m_{12} \times n_s) n_3 + (m_{21}+m_{22} \times n_s)\}$$

$$\dots (14)$$

$$\beta_1 = (2\pi/\lambda) n_1 \times d_1$$

$$\beta_2 = (2\pi/\lambda) n_2 \times d_2$$

iは虚数

【0063】反射率は複素反射係数の絶対値の2乗で得られるので、複素反射係数の実数部及び虚数部がともに

15

0となれば反射率は0となる。すなわち2層膜が反射防止膜となる。

【0064】図10において、ニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3の間に二酸化ケイ素膜100と五酸化タンタル膜101で構成される2層膜を考える。この場合、(14)式において n_s にニオブ酸リチウム基板1の屈折率(2.25)を代入する、 n_1 に二酸化ケイ素膜100の屈折率(1.45)を代入する、 n_2 に五酸化タンタル膜101の屈折率(2)を代入する、そして n_3 に斜め蒸着膜3の屈折率(1.6)を代入する。波長を780nmとした場合、二酸化ケイ素膜100と五酸化タンタル膜101の膜厚をそれぞれ、0.0213μm、0.0571μmにすると、反射率を完全に0にできる。

【0065】次に、斜め蒸着膜3上にある五酸化タンタル膜102と二酸化ケイ素膜103とで構成される2層膜について説明する。この2層構造の膜は斜め蒸着膜3と空気の界面での入射光の反射を防止する。第4の実施形態ではフッ化マグネシウム膜92の単層膜で無反射膜を形成した。しかし、斜め蒸着膜3の屈折率が1.6と低いため、単層のフッ化マグネシウム膜92では反射率が約1%も存在する。光の利用効率の点からみて、反射は出来るだけ抑えたい。そこで、第5実施形態の構成で、たとえば五酸化タンタル膜102の膜厚を0.0416μm、二酸化ケイ素膜103の膜厚を0.1688μmにすると、(14)式より波長が780nmの光に対して斜め蒸着膜3と空気の界面での反射率を完全に0にすることができる。このように、入射する光の波長に対して五酸化タンタル膜102の膜厚及び二酸化ケイ素膜103の膜厚を無反射条件になるように設計すれば入射する光の反射率を完全に0にすることができる。

【0066】また、斜め蒸着膜3は副屈折を持たせるために五酸化タンタルのような酸化物を斜め蒸着して形成しているので、空乏層が多く存在し、そのため密着度が低下してしまう。そこで、本実施形態では反射防止膜に用いる材料を全て斜め蒸着膜3に用いた材料に類似の酸化物にすることにより、密着度がかなり改善された。

【0067】以上のように二酸化ケイ素膜9.0をニオブ酸リチウム基板1上に設け、二酸化ケイ素膜100と五酸化タンタル膜101で構成される2層構造膜をニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3との間に設け、五酸化タンタル膜102と二酸化ケイ素膜103で構成される2層構造膜を斜め蒸着膜3上に設けることにより、光学素子Cでの反射を完全にかつ安定に防止することができる。さらに密着度も改善される。

【0068】なお、反射防止膜の材料として二酸化ケイ素と五酸化タンタルを用いたが、(14)式を0にする組み合わせの屈折率を有する他の材料でも使用できる。

【0069】上記第4及び第5実施形態ではニオブ酸リチウム基板1の表面に対してプロトン交換層2の表面が

16

凹であるものについて述べたが、図5に示すようにプロトン交換層2の上に誘電体膜50が堆積されたものであってもよい。同じ場所に上記した膜を設けることにより同等の効果が得られることはいうまでもない。また、単層及び2層の反射防止膜について述べたが、3層以上の多層の反射防止膜を用いてもかまわない。

【0070】また斜め蒸着膜3は、アプライド・オプティックス28巻(1989年)第2466頁から第2482頁(APPLIED OPTICS Vol. 28 (1989) P. 2466-2482)に示されているように、蒸着の角度により複屈折の特性を表す値及び屈折率が変化するので、適当な蒸着角度を選ぶと屈折率が上記したような n_2 もしくは n_3 となる。また、厚みが $(2N+1)\lambda/4$ (λ は入射する光の波長、Nは自然数)で示される値において $1/\lambda$ 波長板の性質を有するような複屈折を持たせることが可能である。このようにすれば、ニオブ酸リチウム基板1と斜め蒸着膜3の間の反射又は斜め蒸着膜3上での反射を、斜め蒸着膜3が防止できるようになる。よって、そのような光学素子では反射防止膜を設ける必要がなくなる。従って光学素子の製作が容易になり、光学素子がさらに薄くなる。

【0071】また以上の各実施形態では、いずれも基板にニオブ酸リチウム1のX面を用いて各層を形成したが、Y面を用いても何ら問題はない。更にニオブ酸リチウムの代わりにリチウムタンタルートやニオブ酸リチウムとリチウムタンタルートの混晶を用いてもかまわない。さらに以上の各実施形態では、いずれも斜め蒸着膜3の材料として五酸化タンタルを用いたが、三酸化タンゲステン(WO₃)や酸化ビスマス(III)(Bi₂O₃)等の誘電体材料を用いても良い。更に蒸着角度は複屈折が生じる角度であれば何度でもよい(特開昭59-49508号公報や特開昭63-312970号公報参照)。

【0072】(第6実施形態) 次に第1の光学素子A、第2の光学素子B、及び第3の光学素子Cの内の1つを用いた第1の光ヘッドについて説明する。図12は第6実施形態の第1の光ヘッドの構成図である。図12において光ヘッドは、光源120、コリメータレンズ121、光学素子122(光学素子A又はB又はC)、対物レンズ123、第1の光検出器125、第2の光検出器126を含んで構成される。

【0073】光学素子122は、斜め蒸着膜層127を有する面が対物レンズ123に向かいあい、偏光分離を行うプロトン交換層128を有する面がコリメータレンズ121に向かいあうように配置されている。また集光光学系はコリメータレンズ121と対物レンズ123により構成されている。光源120から出射されたコヒーレント光は対物レンズ123で集光され、光記録媒体124の記録層に情報を記録又は再生する。

【0074】このように構成された第1の光ヘッドの動

作について図12を用いて説明する。光源120から出射された直線偏光の光は、コリメータレンズ121で平行光にされ、光学素子122をほぼ100%の透過率で透過する。透過した光は直線偏光から円偏光の光に変換される。この円偏光の光は対物レンズ123により光記録媒体124上に集光される。次に光記録媒体124から反射された円偏光の光は、対物レンズ123を透過した後、光学素子122に入射される。

【0075】光学素子122では、円偏光の光は斜め蒸着膜127で、光源120から出射された光の偏光方向と直交する方向の直線偏光の光に変換される。この直線偏光の光は偏光分離を行うプロトン交換層128でほぼ100%の回折効率で回折され、コリメータレンズ121を透過する。+1次の回折光は光検出器125に入射され、-1次の回折光は光検出器126に入射される。

【0076】光検出器125、126によって、光記録媒体124上における光の合焦状態を示すフォーカス誤差信号、及び光の照射位置を示すトラッキング誤差信号が検出される。この検出は、プロトン交換層128の回折格子の格子ベクトルを場所により変化させ、回折光の波面を適切に調節することにより行われる。換言すれば従来のホログラム素子を用いた誤差信号の検出方法（例えば、特開昭62-137736号公報や特開昭63-229640号公報など）を適用できる。そして、図示していないフォーカス制御装置は上記した方法で得られたフォーカス誤差信号に基づき、常に光が合焦状態で光記録媒体124上に集光されるように対物レンズ123の位置をその光軸方向に制御する。また図示していないトラッキング制御装置は上記した方法により得られたトラッキング誤差信号に基づき、光を光記録媒体124上に所望のトラックに集光されるように対物レンズ123の位置を制御する。また、光検出器125及び126によって光記録媒体124に記録された情報信号を検出す。

【0077】前記の、特開昭62-137736号公報や特開昭63-229640号公報などに示されている回折格子を用いた光ヘッドでは、光の往路でも回折格子を透過するので回折光が生じる。この回折光は迷光となり再生信号や誤差信号のノイズの原因となる。これに対して第6実施形態の光ヘッドでは、光学素子122は偏光方向により入射する光を100%の透過率で透過するか、もしくは100%の回折効率で回折させるので、往路で迷光を生じる等の問題はない。また、図15に示されている光ヘッドに比べて、光学素子122を用いることにより非常に小型の光ヘッドが実現できる。また、本実施形態の光学素子122は光の入射角依存性が小さいので、光ヘッドの組立の際、光学素子122の位置調整が容易となる。従って、この光ヘッドは大量生産に向き、且つ低価格化ができる。

【0078】（第7実施形態）第1の光学素子A、第2

の光学素子B、及び第3の光学素子Cの内の1つを用いた第2の光ヘッドについて説明する。図13は第2の光ヘッドの構成図である。図13において、図12と同一部分は同じ符号を用いて詳細な説明を省略する。光学素子122は、斜め蒸着膜127を有する面が対物レンズ123に向かいあい、偏光分離を行うプロトン交換層128を有する面が光源120に向かいあうように配置されている。なお図12の光ヘッドと異なり、集光光学系は対物レンズ123のみにより構成されている。

【0079】次に、第2の光ヘッドの動作について図13を用いて説明する。光源120から出射された直線偏光の光は、光学素子122をほぼ100%の透過率で透過し、透過した光は直線偏光から円偏光の光に変換される。この円偏光の光は対物レンズ123により光記録媒体124上に集光される。次に光記録媒体124から反射された円偏光の光は、対物レンズ123を透過した後、光学素子122に入射される。

【0080】光は、光学素子122の斜め蒸着膜127で円偏光から、光源120から出射された光の偏光方向と直交する方向の直線偏光の光に変換される。そしてこの光は偏光分離を行うプロトン交換層128でほぼ100%の回折効率で回折され、この回折された光のうち、+1次光は第1の光検出器125に入射され、-1次光は第2の光検出器126に入射される。+1次光からフォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号が検出され、-1次光から光記録媒体124に記録された情報の再生信号が検出される。上記の検出方法では、+1次光からは再生信号を取り出さないので電流を電圧に変換する際に用いるヘッドアンプは低い周波数帯域を有するものでよく、低コスト化が可能となる。

【0081】第2の光ヘッドと図15に示す従来の光ヘッドとの相違を以下に述べる。従来の光ヘッドに用いられている水晶で作られた1/4波長板の作用は既に述べたように光の入射角に大きく依存する。よって、光源151から出射される発散光をコリメータレンズ153で平行光にして1/4波長板154に入射しなければならない。しかし、本実施形態では、光学素子122の作用は光の入射角にあまり影響を受けない。従って、コリメータレンズを用いて光源120からの発散光を平行光にする必要がなく、光源120からの発散光を光学素子122に直接入射することができる。コリメータレンズを用いる必要がなくなるので、光ヘッドの更なる小型化が可能となる。またコリメータレンズの調整工程がいらなくなるので、低価格の光ヘッドが実現できる。

【0082】（第8実施形態）次に第1の光学素子A、第2の光学素子B及び第3の光学素子Cの内の1つを用いた第3の光ヘッドについて説明する。図14は第3の光ヘッドの構成図である。図14において、図12の光ヘッドと同一部分は同じ符号を用いて詳細な説明は省略する。この第3の光ヘッドでは、光の光路がコリメータ

19

レンズ121と対物レンズ123の間でミラー141により略直角に曲げられる。光学素子122は対物レンズ123とミラー141間に配置されている。

【0083】集光光学系はコリメータレンズ121と対物レンズ123より構成されている。また、光学素子122は、図14に示すように、斜め蒸着膜127を有する面が対物レンズ123に向かい、偏光分離を行うプロトン交換層128を有する面がミラー141に向かいあうように配置されている。ここで、対物レンズ123と光学素子122は一体化されている。従って、図示していないフォーカス制御装置とトラッキング制御装置により、対物レンズ123と光学素子122は同時に位置制御がなされる。

【0084】つぎに以上のように構成された第3の光ヘッドの動作について説明する。光源120から出射された直線偏光の光は、コリメータレンズ121で平行光にされ、ミラー141により光の方向が変換される。この光は光学素子122をほぼ100%の透過率で透過し、透過後の光は直線偏光から円偏光の光に変換される。この光は対物レンズ123により光記録媒体124上に集光される。なお光の光源120から光記録媒体への往路は実線で示し、光学素子122から光検出器125、126への復路は破線で示している。

【0085】光記録媒体124から反射された円偏光の光は、対物レンズ123を透過する。次に光は光学素子122の斜め蒸着膜127で、円偏光から光源120の光の偏光方向と直交する偏光方向の直線偏光の光に変換される。この光は偏光分離を行うプロトン交換層128でほぼ100%の回折効率で回折され、この回折された光はミラー141で方向を変えられる。

【0086】コリメータレンズ121を透過した+1次光は第1の光検出器125に入射され、-1次光は第2の光検出器126に入射される。また、フォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号、光記録媒体124に記録された情報の再生信号は、夫々第1もしくは第2の光ヘッドと同じ方法で検出される。

【0087】従来でも光ヘッドを小型化するために、水晶製の1/4波長板と偏光分離素子を貼り合わせた光学素子と、対物レンズを一体化してもよい。その場合従来の水晶製の1/4波長板の厚さは0.5mm程度であるので光ヘッドが大型となるであろう。これに対して第8実施形態で用いる光学素子は1/4波長板としての斜め蒸着127の厚さが2.6μmでよい。このため光ヘッドの高さを更に約0.5mm減らすことが可能となる。これは小型かつ偏平なポータブル型の光ディスク装置を実現する上で重要なことである。

【0088】なお、第8実施形態ではコリメータレンズを用いて、光源から出射される光を平行光にしているが、第2の光ヘッドに関する第7実施形態で述べたように、コリメータレンズをなくしても何ら問題はない。コ

20

リメータレンズがないと調整工程がいらないので低価格になる。

【0089】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、偏光方向によって回折効率の異なるホログラム素子上に斜め蒸着膜を設けることにより、偏光分離の性質と1/4波長板としての性質を合わせ持つ光学素子が実現できる。さらに透過光の波面に収差を与える非常に薄く、大量生産に向く光学素子が実現できる。また、この光学素子を用いて、小型で大量生産に向け低価格の光ヘッドを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の光学素子の構成を示す断面図

【図2】第1の光学素子を透過した光と、参照光との干渉縞を表す写真

【図3】従来の1/4波長板と偏光分離素子との貼り合わせ光学素子を透過した光と、参照光との干渉縞を表す写真

【図4】従来1/4波長板への入射光を示す説明図

【図5】第1の光学素子における他の構成例を示す断面図

【図6】本発明の光学素子の第1の製造方法を示す工程図

【図7】本発明の光学素子における斜め蒸着膜の蒸着角度を示す図

【図8】本発明の光学素子の第2の製造方法を示す工程図

【図9】本発明の第2の光学素子の構成を示す断面図

【図10】本発明の第3の光学素子の構成を示す断面図

【図11】2層膜の反射率計算に用いるパラメータを示す説明図

【図12】本発明の第1の光ヘッドの構成図

【図13】本発明の第2の光ヘッドの構成図

【図14】本発明の第3の光ヘッドの構成図

【図15】従来の光ヘッドの構成図

【符号の説明】

1 ニオブ酸リチウム基板

2 プロトン交換層

1+2 ホログラム素子

3 斜め蒸着膜

5 0 誘電体膜

6 0 タンタル膜

6 1 レジスト

9 0 二酸化ケイ素膜

9 1 混合膜

9 2 フッ化マグネシウム膜

1 0 0 、 1 0 3 二酸化ケイ素膜

1 0 1 、 1 0 2 五酸化タンタル膜

1 2 0 光源

1 2 1 コリメータレンズ

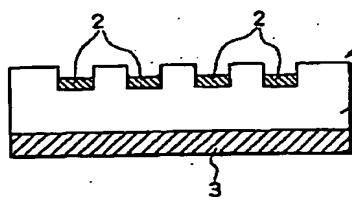
21

122 光学素子A、B又はC
123 対物レンズ
124 光記録媒体

22

125 第1の光検出器
126 第2の光検出器

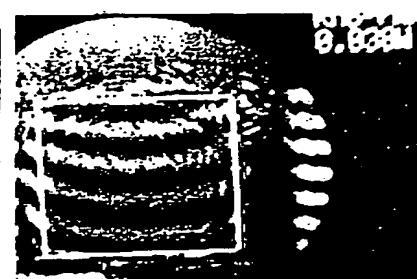
【図1】



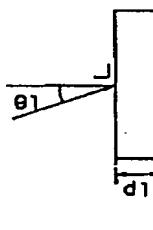
【図4】



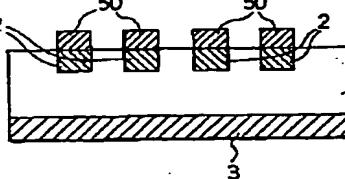
【図2】



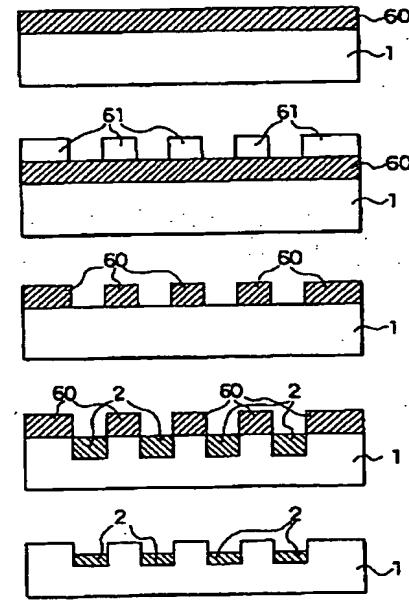
【図3】



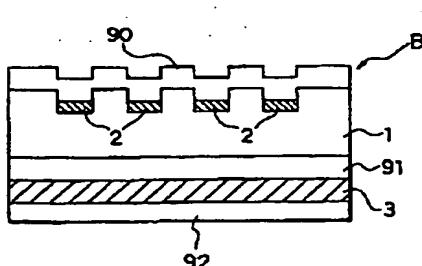
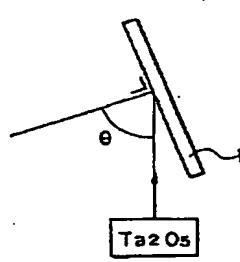
【図5】



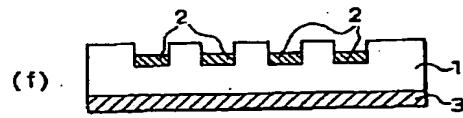
【図6】



【図7】



【図9】



91

3

92

1

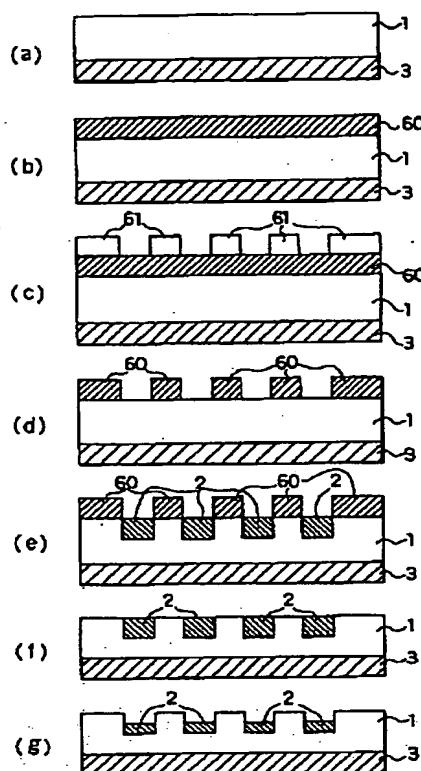
90

B

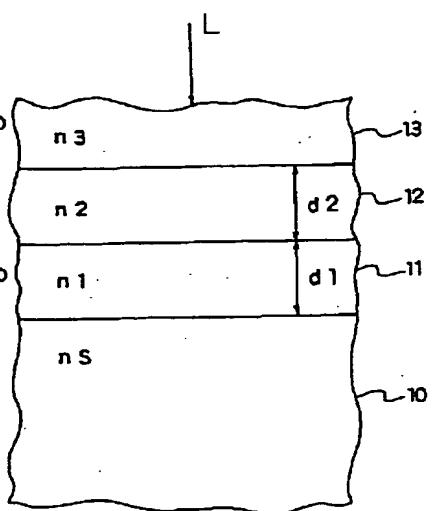
2

1

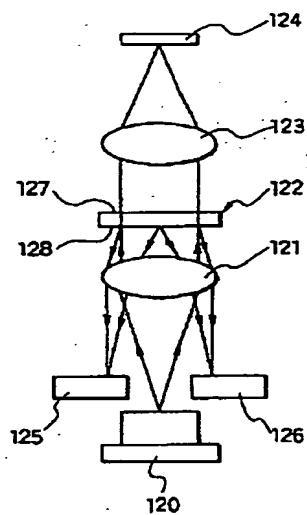
【図 8】



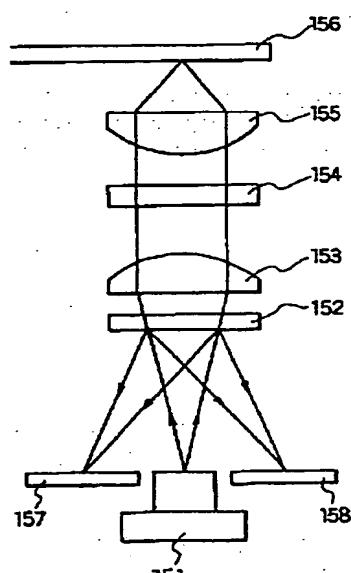
【図 11】



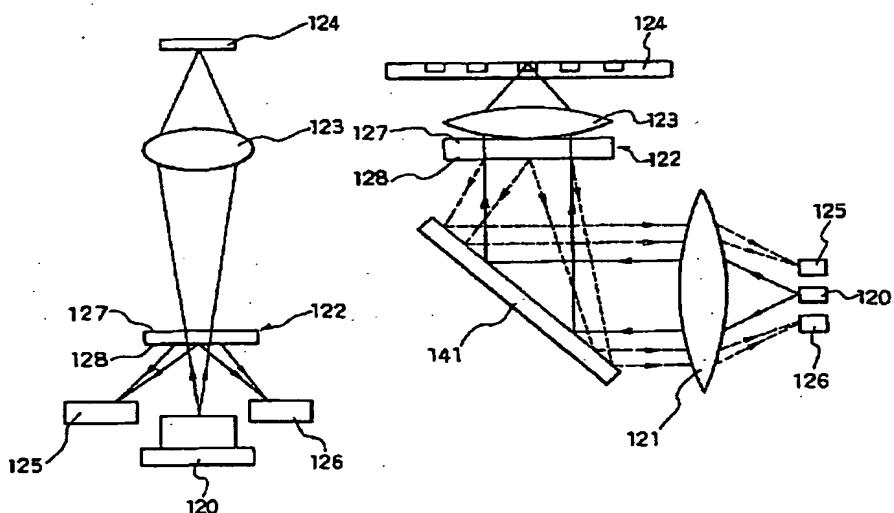
【図 12】



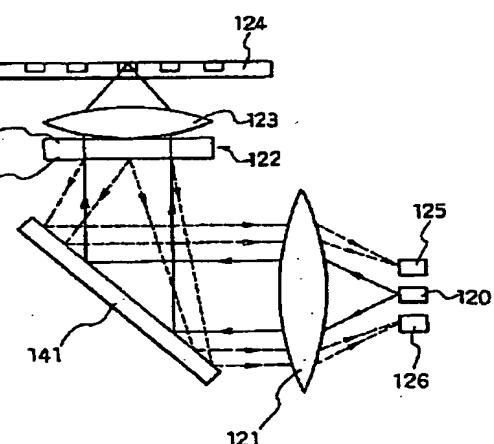
【図 15】



【図 13】



【図 14】



【手続補正書】

【提出日】平成7年11月8日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】 本発明の第1の光学素子を透過した光と、その透過した光をピンホールを通して得た参照光との干渉縞をビデオカメラで撮影しディスプレー上に表示した中間調画像を表す写真

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】 従来の1/4波長板と偏光分離素子との貼り合わせ光学素子を透過した光と、その透過した光をピンホールを通して得た参照光との干渉縞をビデオカメラで撮影しディスプレー上に表示した中間調画像を表す写真

フロントページの続き

(72)発明者 白岩 弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 岡田 誠治郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内